

## ОЦІНКА ЯКОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ТРАФІКА

Запропоновано метод, який дозволяє розрахувати показник оцінки якості ущільнення трафіка при застосуванні технологій, що припускають використання мультимплексування у широкосмугових цифрових мережах.

The method is offered, allowing to calculate a parameter of an estimation of quality of condensation of the traffic at application of the technologies, allowing application of multiplexing in broadband digital networks.

**Постановка проблеми.** Використання сучасних мережних технологій на транспортному рівні широкосмугових цифрових мереж (ШЦМ) дозволяє кожному запиту одержати тільки необхідний ресурс пропускної спроможності (ПС) відповідного цифрового тракту зв'язку. Це дає можливість використовувати мультимплексування для підвищення ПС цифрового тракту. При цьому бажано проводити постійний аналіз трафіка на кожному з вузлів ШЦМ, де мультимплексування має місце [1].

**Аналіз літератури.** У ряді робіт [2 – 4] запропоновані методи оцінки характеристик трафіка при використанні різних мережних технологій, однак через такі фактори, як широкий діапазон швидкостей передачі, статистичний характер інформаційних потоків, велика розмаїтість мережних конфігурацій [5], опис трафіка аналітичними методами істотно ускладнюється. У зв'язку з цим усе більший розвиток здобуває статистичне мультимплексування [6], одним з актуальних питань при застосуванні якого є одержання оцінки якості данного процесу з метою наступного перерозподілу пропускної спроможності, що виділяється.

**Метою статті** є опис методу, що дозволяє провести оцінку якості ущільнення трафіка в процесі мультимплексування.

**1. Визначення показника оцінки якості мультимплексування.** Розглянемо вузли інтегральної обробки даних  $(i = \overline{1, N})$  ШЦМ, на яких допускається мультимплексування. Нехай  $K_i$  – число служб інтегральної обробки даних на  $i$ -му вузлі. У момент часу  $t$   $k$ -та служба здійснює  $N_{C_i}^{(k)}(t)$  віртуальних з'єднань (ВЗ) від  $N_{Z_i}^{(k)}(t)$  запитів, тобто загальне число ВЗ  $i$ -го вузла, яке дорівнює величині  $N_{C_i}(t) = \sum_{k=1}^{K_i} N_{C_i}^{(k)}(t)$ , здійснюється за наступним

числом запитів, активних на даний момент часу:  $N_{Z_i}(t) = \sum_{k=1}^{K_i} N_{Z_i}^{(k)}(t)$ .

Якщо ШЦМ у  $i$ -му вузлі на момент часу  $t$  допускає можливість одночасного функціонування  $N_{CH_i}(t)$  каналів, то у якості показника оцінки мультиплексування можна використовувати наступне відношення [6]:

$$\eta_i = N_{C_i}(t) / N_{CH_i}(t),$$

враховуючи при цьому необхідні для кожної служби вимоги до якості обслуговування [7].

**2. Розрахунок  $\eta_i$  для фіксованої служби вузла ШЦМ.** Відзначимо, що

$$N_{CH_i}(t) = \sum_{k=1}^{K_i} N_{CH_i}^{(k)}(t) = V_i(t) / \sum_{k=1}^{K_i} \sum_{s=1}^{N_{CH_i}^{(k)}(t)} V_{\max}^{(s,k)},$$

де  $V_i(t)$  – ресурс пропускної спроможності мережі, наданий  $i$ -му вузлу в момент часу  $t$ , а подвійне підсумовування в знаменнику пов'язано із врахуванням сумарних максимально необхідних ресурсів ПС, які потрібні для передачі даних запита від  $s$ -го джерела до  $k$ -ої служби і є значеннями з кінцевого набору можливих бітових швидкостей  $B_{s,k} = \{b_{1,s,k}, \dots, b_{\beta_{s,k},s,k}\}$ ,

$B_{s,k} \subset B$ ,  $B = \{b_1, \dots, b_\beta\}$  – упорядкована множина всіх можливих значень бітових швидкостей ШЦМ.

З огляду на аналіз ШЦМ, який проведено у [8], розрахуємо ресурс ПС, виділений  $i$ -му вузлу наступним чином:

$$\begin{aligned} V_i(t) &= \sum_{k=1}^{K_i} \left( M[V_{\Sigma_i}^{(k)}(t)] + \gamma_i^{(k)} \sigma[V_{\Sigma_i}^{(k)}(t)] \right) = \\ &= \sum_{k=1}^{K_i} \left( \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} \sum_{j=1}^{\beta_s} p_{j_i}^{(s,k)} \cdot V_{\max,j_i}^{(s,k)} + \gamma_i^{(k)} \sqrt{0,5 \sum_{s=1}^{N_{V_{S_i}^{(k)}(t)}} \sum_{j_1=1}^{\beta_s} \sum_{j_2=1}^{\beta_s} p_{j_{1i}}^{(s,k)} p_{j_{2i}}^{(s,k)} (V_{\max,j_1}^{(s,k)} - V_{\max,j_2}^{(s,k)})^2} \right), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $M[\bullet], \sigma[\bullet]$  – математичне сподівання та середній квадратичний відхил розглядаємих випадкових величин;  $p_{j_{1i}}^{(s,k)}, p_{j_{2i}}^{(s,k)}$  – відповідні ймовірності, що розраховуються згідно [2], а  $\gamma_i^{(k)}$  – коефіцієнт, значення якого згідно з [9] визначається вимогами до якості обслуговування і залежить від значення ймовірності перевищення сумарної швидкості передачі  $k$ -ої служби пропускної здатності відповідного групового тракту вузла  $i$  ( $\gamma_i^{(k)} > 1$ , з

підвищенням вимог до надійності значення  $\gamma_i^{(k)}$  зростає [4]).

Використовуючи доведену в [5] характеристичну властивість поліпачкового трафіка ШЦМ і позначивши відповідний коефіцієнт пачковості як

$$\xi_{j_i}^{(s,k)} = V_{\max, j_i}^{(s,k)} / V_{C_{P_i}}^{(s,k)},$$

перетворимо (1) до наступного виду:

$$\begin{aligned} V_i(t) = & \sum_{k=1}^{K_i} \left( \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} V_{C_{P_i}}^{(s,k)} \sum_{j=1}^{\beta_s} P_j^{(s,k)} \cdot \xi_{\beta_s}^{(s,k)} + \right. \\ & \left. + \gamma_i^{(k)} \sqrt{0,5 \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} \left( V_{C_{P_i}}^{(s,k)} \right)^2 \sum_{j_1=1}^{\beta_s} \sum_{j_2=1}^{\beta_s} P_{j_{1i}}^{(s,k)} P_{j_{2i}}^{(s,k)} \left( \xi_{j_{1i}}^{(s,k)} - \xi_{j_{2i}}^{(s,k)} \right)^2} \right) = \\ & = \sum_{k=1}^{K_i} \left( \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} V_{C_{P_i}}^{(s,k)} + \gamma_i^{(k)} \sqrt{0,5 \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} \left( V_{C_{P_i}}^{(s,k)} \right)^2 \cdot \Xi_{(1,\beta_s)}^{(s,k)}} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

де ймовірнісна складова пачковості та якості обслуговування

$$\Xi_{(1,\beta_s)}^{(s,k)} = \sum_{j_1=1}^{\beta_s} \sum_{j_2=1}^{\beta_s} P_{j_{1i}}^{(s,k)} P_{j_{2i}}^{(s,k)} \left( \Delta \xi_{j_i}^{(s,k)} \right)^2; \quad \Delta \xi_{j_i}^{(s,k)} = \xi_{j_{1i}}^{(s,k)} - \xi_{j_{2i}}^{(s,k)}.$$

З іншого боку, користуючись визначенням багатошвидкісної комутації визначаємо, що

$$V_i(t) = \sum_{k=1}^{K_i} \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} B_{\max_i}^{(s,k)} = \sum_{k=1}^{K_i} \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} \xi_i^{(s,k)} \cdot V_{C_{P_i}}^{(s,k)}. \quad (3)$$

Тоді з (2) і (3) для кожної  $k$ -ої служби  $i$ -го вузла можна записати наступне співвідношення

$$\sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} V_{C_{P_i}}^{(s,k)} + \gamma_i^{(k)} \sqrt{0,5 \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} \left( V_{C_{P_i}}^{(s,k)} \right)^2 \cdot \Xi_{(1,\beta_s)}^{(s,k)}} = \sum_{s=1}^{N_{C_i}^{(k)}(t)} \xi_i^{(s,k)} \cdot V_{C_{P_i}}^{(s,k)}. \quad (4)$$

**3. Математична модель оцінки якості ущільнення трафіка.** Отримані співвідношення (1) – (4) використані при побудові математичної моделі оцінки якості ущільнення трафіка в процесі мультиплексування для різних типів вузлів інтегральної обробки ШЦМ. Зокрема, при аналізі залежності показника оцінки якості мультиплексування від відношення максимальної пікової швидкості  $V_p$  до середньої пропускної спроможності відповідного

тракту ШЦМ  $V_{T_{cp}}$  при фіксованій надійності показано, що збільшення значення коефіцієнта пачковості  $\xi_{II}$  збільшує вигреш від мультиплексування (рис. 1,  $\chi = V_P / V_{T_{cp}} \cdot 100\%$ ). Також відзначимо, що мультиплексування, як показує поведіння кривих на графіку, дає вигреш тільки в тому випадку, якщо швидкість будь-якого джерела істотно нижче швидкості тракту, тобто смуга пропускання абонентських ліній у ШЦМ із малим числом високошвидкісних джерел повинна забезпечити їхню одночасну роботу.

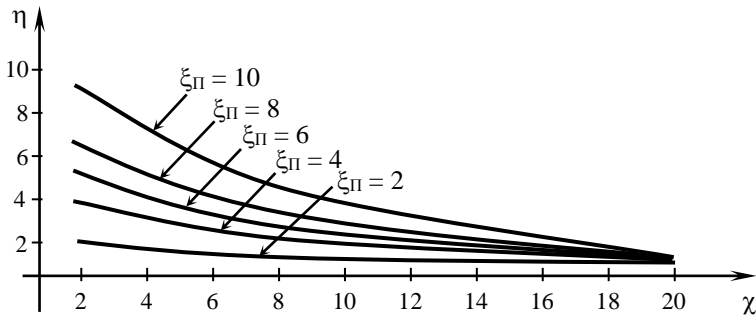


Рис. 1. Аналіз залежності  $\eta(\chi)$

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Розроблений метод дозволяє оцінити якість ущільнення трафіка при статистичному мультиплексуванні та одержати рекомендації з доцільності його застосування для різних вузлів ШЦМ. Надалі передбачається використання даного підходу для рішення задач аналізу і синтезу цифрових групових трактів зв'язку.

**Список літератури:** 1. Варакин Л.Е. Введение в теорию инфокоммуникаций. Ч.1. // Электросвязь. – 2000. – № 2 (14). – С. 2 – 11. 2. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2003. – № 6 (44). – С. 25 – 29. 3. Корнышев Ю.Н., Пишеничников А.П. Теория телетрафика. – М.: Радио и связь, 1996. – 272 с. 4. Cheng C.S., Thomas J.A. Effective bandwidth in high-speed digital networks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 1995. – V. 13. – P. 1091 – 1100. 5. Eramili A, Narayan O., Willinger W. Experimental queueing analyzes with long-range dependent packet traffic // IEEE/ACM Transactions on Networking. – 1996. – V.4. – P. 209 – 223. 6. Гордиенко В.Н., Ксенофонтов С.Н., Кунезин С.Н., Цибулин М.К. Современные высокоскоростные цифровые телекоммуникационные системы. Ч. 2. – М.: МТУСИ, 1998. – 65 с. 7. Стеглов В.К., Беркман Л.Н. Телекоммуникационные сети. – К.: Техніка, 2001. – 392 с. 8. Уоллэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с. 9. Королев А.В., Кучук Г.А., Пашиев А.А. Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях. – Х.: ХВУ, 2003. – 224 с.

Надійшла до редакції 20.10.03